

## Efecto del ácido naftalenacético y 6 bencilaminopurina en la germinación y crecimiento de *Lepidium peruvianum* Chacón "maca" *in vitro*

Catalina S. Rodríguez Rosales<sup>1</sup>; Carlos A. Nomberto Rodríguez<sup>2</sup>; Santos N. Murga Gutiérrez<sup>3</sup>; Steban Ilich Zerpa<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco. Email: csrr\_63@hotmail.com. Tel. 949648135.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Trujillo. Email: untcarlos@hotmail.com. Tel. 949211575.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Trujillo. Email: snmg100@yahoo.com. Tel.: 996614244.

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Trujillo. E mail: sailich@yahoo.com. Tel.: 949602833.

### RESUMEN

Se determinó el efecto del ácido naftalenacético (ANA) y del 6 bencilaminopurina (BAP), en la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de *Lepidium peruvianum* Chacón "maca" *in vitro*. Para cada fitohormona, se establecieron tres grupos tratados con 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio y un grupo control. Las semillas de maca se sembraron en el medio de Murashige y Skoog constituido por sales (MS) y suplementado con ANA o BAP a las concentraciones descritas; enseguida, se incubaron a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 1500 lux y un fotoperiodo de 16/8 h luz/oscuridad, durante 35 días, con evaluaciones cada semana. Entre los tratamientos con ANA, el porcentaje de germinación fue mayor (91,67%) en el medio MS con 0,01 mg/L, e igual que en el grupo testigo, y con BAP a la misma concentración, este porcentaje fue mayor (97,92%) que en ANA y el testigo. Con ambas hormonas, el tiempo promedio de germinación fue de 48 h. El crecimiento de las plántulas cultivadas en el medio con ANA o con BAP, indicado por la longitud de la parte aérea y de la raíz, y el número de hojas y de raíces, fue menor que en el grupo control; aunque en las plántulas del grupo con 0,10 mg de BAP/L el número de hojas fue mayor que en los grupos restantes. Se concluye que el ácido naftalenacético al 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio, no favorece la germinación ni el crecimiento de las plántulas de *L. peruvianum*, *in vitro*. El 6 bencilaminopurina a las mismas concentraciones favorece la germinación de semillas de esta especie y no promueve el crecimiento de sus plántulas; aunque al 0,10 mg/L favorece el número de hojas.

**Palabras clave:** Palabras claves: Acido naftalenacético, bencilaminopurina, cultivo *in vitro*, *Lepidium peruvianum*, maca.

### ABSTRACT

The effect of naphthaleneacetic acid (NAA) and 6 benzilaminopurine (BAP) on seedling germination and growth of *Lepidium peruvianum* Chacon "maca" *in vitro* were determined. For each phytohormone, three groups were set up at 0.01, 0.05 and 0.1 mg/L, and a control group. The seeds of maca were planted in the culture medium Murashige and Skoog consisting of salts (MS) supplemented with NAA or BAP at the described concentrations. They were incubated at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 1500 lux and 16/8 h light/darkness for 35 days, with evaluations every week. Among the treatments with NAA, the percentage of germination was higher (91.67%) in MS medium with 0.01 mg/L, as in the control group. With BAP at the same concentration, the germination percentage was higher (97.92%) than in NAA and the control. With both hormones, the average germination time was 48 h. The growth of seedlings grown in the medium with NAA or BAP, as indicated by the length of the leaf area and root length, and the number of leaves and roots was lower than in the control group. Although, the seedling grown in the medium with BAP at 0.10 mg/L the number of leaves was higher than in the remaining groups. It is concluded that the naphthaleneacetic acid at 0.01, 0.05 and 0.10 mg/L of medium does not promote germination or seedling growth of *L. peruvianum*, *in vitro*. The 6 benzylaminopurine, at the same concentrations, promotes the germination and does not favor the growth of their seedlings; but at 0.10 mg/L promotes the number of leaves.

**Key words:** Naphthaleneacetic acid, 6 benzilaminopurine, *in vitro* culture, *Lepidium peruvianum*, maca.

## I. INTRODUCCIÓN

*Lepidium peruvianum* Chacón "maca", pertenece a la Familia Brassicaceae (Chacón, 1990: 202). Esta especie corresponde a una planta herbácea, con raíces de diferentes colores, nativa de los Andes del Perú, antiplano de Junín; crece a una altitud entre 3900 y 4800 msnm en una región de sol intenso, vientos y temperaturas y bajo el nivel de congelamiento (Córdova, 1993: 85).

La raíz de la "maca" constituye un producto de gran valor nutricional y medicinal (Bianchi, 2003: 26); es considerada como el alimento natural más completo, por proveer un amplio espectro de nutrientes que permite fortalecer el organismo y mejorar las condiciones físicas y mentales del consumidor (Tello et al., 1992: 59). Actualmente, estas cualidades han motivado su industrialización, y una creciente demanda por los países desarrollados (Obregón, 1998: 58); las industrias alimenticias y farmacéuticas requieren de esta materia prima, de buena calidad.

Las investigaciones con *L. peruvianum*, mayormente están orientadas a los estudios botánicos, genéticos y químicos (López y Castillo, 2008: 14, Quiros et al., 1996: 216 y Li, 2001: 255), y a su acción en células animales y humanas (Gonzales, 2004: 87, Valentova y Ulrichová, 2003: 119 y Obregón, 1998: 124). Según la literatura consultada, las publicaciones escritas sobre el empleo de técnicas de cultivo de tejidos *in vitro* para maca, y para la conservación y el mejoramiento de esta especie son muy escasas. Por lo que, es necesario la búsqueda de estrategias adecuadas de cultivo *in vitro*; en particular, utilizando reguladores de crecimiento como las auxinas y las citocininas.

Las auxinas promueven el crecimiento, la diferenciación celular y la diferenciación de raíces, y por lo tanto el crecimiento en longitud de la planta, siendo las más usadas el ácido indol-3-butírico y el ácido naftalenacético que sirven para el enraizamiento. En cuanto a las citocininas, intervienen principalmente en la promoción de la división celular, aunque el efecto pudiera variar según el estado de diferenciación de las células, induciendo la formación de órganos, el desarrollo de brotes, etc. (Raven et al., 1992: 484), las más usadas son: el 6 bencilaminopurina, 6 furfuril-aminopurina y zeatina (Dalgado, 2001: 241.).

Las amplias cualidades benéficas que posee la especie *L. peruvianum* y el gran potencial que representa su cultivo, motivaron a investigar el efecto de las hormonas ácido naftalenacético y el 6 bencilaminopurina a las concentraciones 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio, sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de esta especie, en cultivo *in vitro*.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 OBJETO DE ESTUDIO

Se trabajó con semillas y vitroplántulas de *L. peruvianum* "maca". Las semillas fueron provenientes de la localidad de Carhuamayo, Junín, Perú.

Se utilizó el medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS) constituido por sales (Murashige y Skoog 1962: 473), y las fitohormonas: ácido naftalenacético (ANA) y bencilaminopurina (BAP) (Merck®) a las concentraciones 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio.

**Variable independiente:** fitohormonas: ácido naftalenacético (ANA) y 6 bencilaminopurina (BAP), a las concentraciones 0,01 mg/L, 0,05 mg/L y 0,1 mg/L de medio.

**Variable dependiente:** germinación de semillas y crecimiento de plántulas de *L. peruvianum*

#### **Indicadores de la germinación y el crecimiento de *L. peruvianum***

Germinación.-

- Porcentaje de germinación.
- Tiempo de germinación.

Crecimiento.-

- Longitud de la parte aérea de la plántula.
- Longitud de la raíz.
- Número de hojas.
- Número de raíces.

## 2.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS

### Desinfección de semillas

Las semillas se desinfectaron con alcohol al 70% durante 60 segundos, seguido por tres enjuagues con agua destilada estéril. Enseguida, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2,5 % por 10 minutos, y se enjuagaron como antes fue descrito (Peña, 2002: 76).

### Preparación del medio de cultivo para la germinación y el crecimiento de *L. peruvianum*

Los medios de cultivo utilizados para la germinación y el crecimiento de *L. peruvianum* fueron preparados empleando las sales de Murashige y Skoog, suplementado con ANA o con BAP, por separado, a las concentraciones 0,01, 0,05, y 0,10 mg/L, mioinositol 100 mg/L, pantotenato de calcio 2 mg/L, sacarosa 3% y Phytigel 0,15 mg/100ml de medio; posteriormente, se ajustó el pH a 5,0 (Roca y Mroshinge, 1993: 41), se sirvió 10 ml de medio en tubos de ensayo de 20 x 150 mm, y se esterilizaron a 121°C y 15 lb de presión, por 20 min (Delgado, 2001: 49).

### Siembra de las semillas de *L. peruvianum* en el medio de cultivo e incubación

En cada tubo de ensayo con el medio de cultivo esterilizado se colocó una semilla desinfectada (unidad experimental). Luego de la siembra, estos tubos fueron instalados en el cuarto de incubación a una temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , a una intensidad luminosa de 1500 lux y a un fotoperiodo de 16/8 h luz/oscuridad (Delgado, 2001: 49), durante 35 días.

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron tabulados, y para determinar los porcentajes y promedios se usó la estadística descriptiva, y para determinar las diferencias entre los tratamientos se usó la prueba ANVA, con un nivel de significancia de 0,05 y después se utilizó la prueba de Duncan (Calzada, 1970: 163). Para los cálculos se utilizó el paquete estadístico SPSS para Windows versión 19.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró, que de los tratamientos con ANA, el porcentaje de germinación de semillas de *L. peruvianum* fue mayor (91,67%) en el medio MS con 0,01 mg/L de hormona, e igual que en el grupo testigo. Con BAP a la misma concentración, el porcentaje de germinación fue mayor (97,92%) que en ANA y el testigo. Con ambas hormonas, el tiempo promedio de germinación fue de 48 h (Tabla 1).

De los tres tratamientos con ANA, el crecimiento de las plántulas de *L. peruvianum* fue mayor en aquel con 0,01 mg/L de medio MS, y menor que en el grupo testigo (Fig. 1 y Fig. 2). Según los análisis con la prueba de Duncan, las longitudes de las plántulas, los números de hojas y de raíces, no presentaron diferencia estadística ( $p > 0,05$ ) con los resultados en el testigo, aunque mostraron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con los valores de estos indicadores en los demás tratamientos (Tabla 2). En relación a las longitudes de las raíces, éstas disminuyen marcadamente al aumentar la concentración de la hormona, y comparadas con las del testigo presentaron diferencia muy altamente significativa ( $p < 0,001$ ).

En los tratamientos con BAP, el crecimiento de las plántulas fue similar en los medios con la hormona al 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L (Fig. 3 y Fig. 4). Las longitudes de las plántulas en estos tratamientos y el testigo fueron similares (Tabla 2) y sin diferencia estadística, y las longitudes de las raíces fueron menores comparadas con las del testigo, con diferencia muy altamente significativa ( $p < 0,001$ ). Fue evidente que la longitud radicular fue menor al aumentar las concentraciones de BAP estudiadas.

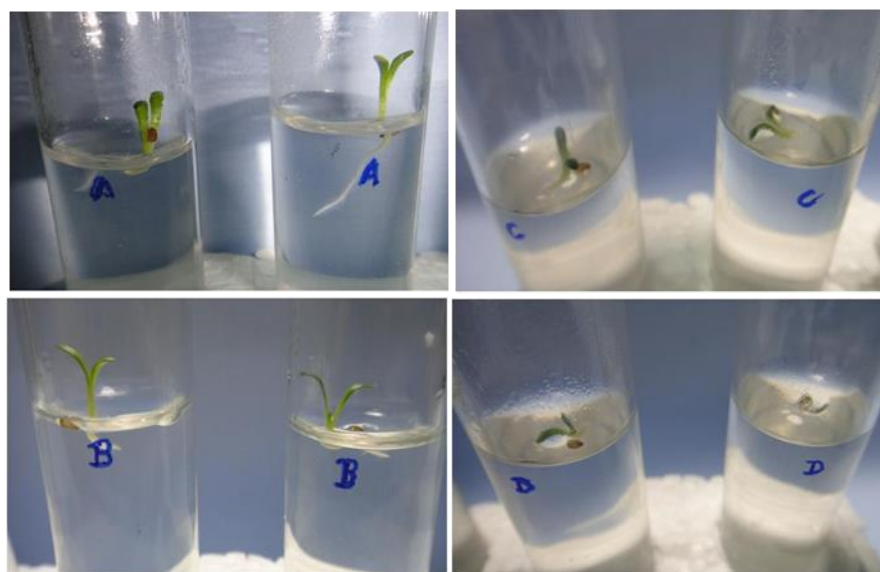
El número de hojas fue mayor en las plántulas del grupo con 0,10 mg de BAP/L y mostró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con los tratamientos con 0,01 y 0,05 mg de BAP/L y el testigo. Además, se observó que la formación del segundo par de hojas fue más temprano a mayor concentración de la hormona.

**Tabla 1.** Porcentajes de germinación de semillas de *Lepidium peruvianum*, *in vitro*, en diferentes concentraciones de ácido naftalenacético (ANA) y 6 bencilaminopurina (BAP), n = 48.

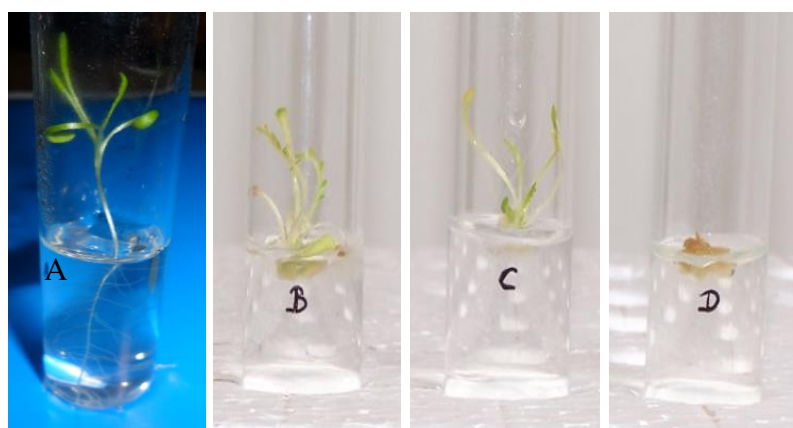
		ANA (mg/L)				BAP (mg/L)			
		0,00	0,01	0,05	0,10	0,00	0,01	0,05	0,10
<b>Semillas germinadas</b>	<b>N°</b>	44	44	40	39	44	47	45	46
	<b>%</b>	91,67	91,67	83,33	81,25	91,67	97,92	93,75	95,83
<b>Tiempo promedio de germinación (h)</b>		48	48	50	50	48	48	48	48

**Tabla 2.** Valores de indicadores de crecimiento, media y desviación estándar (DE) de las vitroplántulas de *Lepidium peruvianum*, según tratamientos con ácido naftalenacético (ANA) y 6 bencilaminopurina (BAP), n = 36.

Indicadores de crecimiento	Tratamientos (mg/L)	ANA		BAP	
		Media	DE	Media	DE
<b>Longitud de planta</b>	<b>T<sub>0</sub>: 0,00</b>	1,39	0,28	1,39	0,28
	<b>T<sub>1</sub>: 0,01</b>	1,26	0,35	1,29	0,25
	<b>T<sub>2</sub>: 0,05</b>	0,98	0,16	1,38	0,30
	<b>T<sub>3</sub>: 0,10</b>	0,62	0,38	1,29	0,24
<b>Número de hojas</b>	<b>T<sub>0</sub>: 0,00</b>	5,03	0,74	5,03	0,73
	<b>T<sub>1</sub>: 0,01</b>	5,17	0,65	4,94	1,04
	<b>T<sub>2</sub>: 0,05</b>	3,61	1,23	4,75	1,36
	<b>T<sub>3</sub>: 0,10</b>	1,94	0,86	5,52	0,84
<b>Número de raíces</b>	<b>T<sub>0</sub>: 0,00</b>	1,00	0,00	1,00	0,00
	<b>T<sub>1</sub>: 0,01</b>	1,00	0,00	1,00	0,00
	<b>T<sub>2</sub>: 0,05</b>	1,00	0,00	1,00	0,00
	<b>T<sub>3</sub>: 0,10</b>	0,92	0,28	1,00	0,00
<b>Longitud de raíz</b>	<b>T<sub>0</sub>: 0,00</b>	2,09	0,82	2,09	0,79
	<b>T<sub>1</sub>: 0,01</b>	0,70	0,36	1,35	0,51
	<b>T<sub>2</sub>: 0,05</b>	0,31	0,14	1,20	0,33
	<b>T<sub>3</sub>: 0,10</b>	0,19	0,10	1,23	0,29



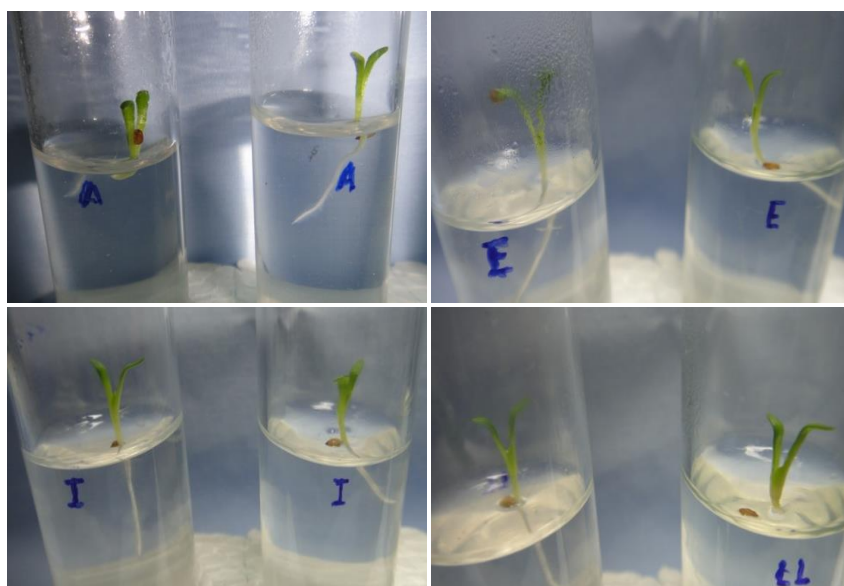
**Fig. 1.** Vitroplántulas de *Lepidium peruvianum* en medio Murashige y Skoog según tratamientos con ácido naftalenacético (ANA), a los 10 días post-siembra. A: sin ANA; B, C, D: con ANA al 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio, respectivamente.



**Fig. 2.** Vitroplántulas de *Lepidium peruvianum* en medio Murashige y Skoog según tratamientos con ácido naftalenacético (ANA), a los 35 días post-siembra. A: sin ANA; B, C, D: con ANA al 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio, respectivamente.

El alto porcentaje de germinación de semillas de *L. peruvianum* en el tratamiento con 0,01 mg/L de ANA e igual al del grupo testigo (Tabla 1), indica que estas semillas poseen una buena capacidad germinativa, y los factores de incubación utilizados fueron suficientes para favorecer este proceso. Los menores porcentajes de germinación en los grupos con 0,05 y 0,10 mg/L de ANA en comparación con el grupo control, sugieren que concentraciones superiores de la fitohormona no favorecerían el proceso de germinación. Estos resultados concuerdan con los reportados por Bhattacharya, J. y Khuspe 2001: 39, quienes trabajando con semillas de *Carica papaya* y diferentes reguladores de crecimiento entre ellos el ácido naftalenacético, encontraron que a mayores concentraciones de ANA, se presentaron menores porcentajes de germinación, considerando a este tratamiento como el menos adecuado para dicho proceso.

En contraste, el alto porcentaje de germinación (97,92 %) en el tratamiento con 0,01 mg/L, de BAP, superior al del grupo testigo y de aquellos de los tratamientos con ANA (Tabla 4), muestra que esta fitohormona estimuló la germinación de mayor número de semillas en la muestra utilizada. Estos resultados son coherentes con los reportados por Weaver 1989: 125, quien expresa que en ocasiones las citocininas potencian la germinación, ilustrando los efectos de la cinetina en la terminación del reposo de semillas de bardana.



**Fig. 3.** Vitroplántulas de *Lepidium peruvianum* en medio Murashige y Skoog según tratamientos con 6 bencilaminopurina (BAP), a los 10 días post-siembra. A: sin BAP; E, I, LL con BAP al 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio, respectivamente.



**Fig. 4.** Vitroplántulas de *Lepidium peruvianum* en medio Murashige y Skoog según tratamientos con 6 bencilaminopurina (BAP), a los 35 días post-siembra. A: sin BAP; E, I, LL con BAP al 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio, respectivamente.

Los valores de las longitudes de las partes aéreas y de las raíces de las plántulas de *L. peruvianum*, y su número de hojas y de raíces en los diferentes tratamientos con ANA y con BAP (Tabla 2), menores que en el testigo; excepto el aumento del número de hojas en las plántulas desarrolladas en el medio con BAP al 0,10 mg/L, mostraron que estas concentraciones no favorecen el crecimiento de estas plántulas. Lo cual, probablemente se debería a que las concentraciones estudiadas no son las adecuadas para estimular el crecimiento. Según Hurtado 1988: 48, las auxinas participan ampliamente en la organización de los procesos vegetales, los cuales son estimulados o inhibidos según la concentración de auxina en la célula o estructura vegetal. En cuanto al BAP, Nogueira et al., 2003: 937, afirman que, la adición de esta fitohormona al medio de cultivo reduce el crecimiento en altura de *Egletes viscosa*.

El menor número de hojas y de raíces en las plántulas desarrolladas en el medio con ANA al 0,10 mg/L (Tabla 2), probablemente se debería a que esta fitohormona indujo a las células de estos órganos hacia un estado meristemático, transformándose finalmente ambas estructuras en un "callo". En contraste, el mayor número de hojas en las plántulas del grupo con BAP al 0,10 mg/L, con diferencia estadística significativa con los resultados en los tratamientos con 0,01 y 0,05 mg/L y con el

testigo, se debería a que esta hormona estimula la formación de hojas, como también lo mostró la formación más temprana del segundo par de ellas a esta concentración. Las citocininas promueven la división celular, activando el proceso directamente (Hurtado y Merino, 1988: 59), y en interacción con las auxinas dan lugar a la formación de órganos (Peña, 2002: 69)

La reducida longitud de la raíz de las plántulas en todos los tratamientos con el ANA y con diferencia estadística altamente significativa en comparación con los resultados en el grupo testigo (Tabla 2), sugirieron que las concentraciones evaluadas de estas hormonas no estimulan la rizogénesis. Esta marcada reducción de la longitud radicular al aumentar la concentración de ANA, a diferencia de los resultados en los tratamientos con BAP y el testigo, fue mostrado por una menor longitud de la raíz principal y una densa proliferación de raíces secundarias muy cortas en el medio con 0,01 mg/L y la formación de masas de tejido llamadas "callo" en la concentración al 0,10 mg/L (Fig. 2); lo cual se debería a una rápida proliferación de células radiculares (Hurtado y Merino, 1988: 53). Se conoce que las auxinas a concentraciones altas, inhiben el crecimiento del sistema principal de raíces y a concentraciones bajas son muy efectivas para promover la formación de raíces secundarias (Soberón et al., 2005, Roca y Mroshinge, 1993: 64). Además, las auxinas estimulan la división celular generando el desarrollo de callos (Weaver, 1989: 115).

La menor longitud de la raíz principal de las plántulas al aumentar las concentraciones de BAP estudiadas indicaría un efecto inhibitorio de la fitohormona sobre el alargamiento celular, y favorecería el ensanchamiento de éstas, ocasionando un aumento del diámetro de la raíz y una menor elongación de este órgano. En general las citocininas exógenas inhiben la elongación del eje principal de las raíces; una adición exógena sumada a las citocininas endógenas sintetizadas en las raíces crea niveles supraóptimos que resultan inhibidores (Barcelo, 1995: 393).

#### IV. CONCLUSIONES

El ácido naftalenacético, a las concentraciones 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio, no favorece la germinación ni el crecimiento de plántulas de *Lepidium peruvianum*, *in vitro*.

El 6 bencilaminopurina, a las concentraciones 0,01, 0,05 y 0,10 mg/L de medio, favorece la germinación de semillas de *L. peruvianum* y no promueve el crecimiento de sus plántulas; aunque al 0,10 mg/L favorece el número de hojas.

#### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCELO, J. (1995). **Fisiología vegetal**. Ediciones Pirámide. Madrid, España.
- BHATTCHARYA, J. y KHUSPE, S. S. (2001). **In vitro and in vivo germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds**. Scientia Horticulturae, Vol. 91(1-2): 39 - 49.
- BIANCHI, A. (2003). **Maca *Lepidium meyenii***. Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas, Vol. 2(3): 26 - 44.
- CALZADA, J. (1970). **Métodos Estadísticos para la Investigación**. Edit. Jurídica. Lima, Perú.
- CORDOVA, H. (1993). **Ecología, uso y conservación de la maca (*Lepidium* sp)**. Instituto indigenista peruano, Vol. 12(28): 85 - 94.
- CHACON, G. (1990). **La maca (*Lepidium peruvianum*) Chacón sp. nov. y su hábitat**. Rev. Peruana de Biología, Vol. 3: 171 - 272.
- DELGADO, G. E. y ROJAS, I. C. (2001). **Cultivo de tejidos vegetales I: Fundamentos y aplicaciones**. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
- GONZALES, G. F.; GASCO, M.; CORDOVA, A.; CHUNG, A.; RUBIO, J. y VILLEGAS, L. (2004). **Effect of *Lepidium meyenii* (Maca) on spermatogenesis in male rats acutely exposed to high altitude (4340 m)**. J Endocrinol, Jan, Vol. 180(1): 87 - 95.
- HURTADO, D. y MERINO, M. (1988). **Cultivo de tejidos vegetales**. Edit. Trillas. México D. F., México.
- LI, Y.; ANMERMA, U. y QUIROS, C. F. (2001). **Glucosinolate contents in maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) sedes, sprouts plants and several derived commercial products**. Economic Botany, Vol. 55(2): 255 - 262.

- LOPEZ-MEDINA, E. y CASTILLO-BECAR, P. (2008). **Aspectos fenológicos de la maca, *Lepidium meyenii*, en condiciones de costa, Trujillo, La Libertad**. Libro de resúmenes. XII Jornada de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo.
- MURASHIGE, T. y SKOOG, F. (1962). **A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures**. *Physiol plant*, Vol. 15: 473 – 497.
- NOGUEIRA, J.D.; LEITE, J.; DE ANDRADE, A. L.; SOUZA, E. y FERREYRA, F. F. (2003). **Ácido giberélico (ga3) e 6-benzilaminopurina (bap) no crescimento *in vitro* de macela [*Egletes viscosa* (L.) Less.]**. *Ciênc. agrotec. Lavras*, Vol. 27(4): 934 – 938.
- OBREGON, L. (1998). **Maca: planta medicinal y nutritiva del Perú**. Instituto de Fitoterapia Americano. Lima, Perú.
- PEÑA, G. (2002). **Biotecnología, clonación e ingeniería genética**. CONCYTEC, Lima, Perú.
- QUIROS, C. F.; EPERSON, A.; HU, J. and HOLLE, M. (1996). **Physiological studies and determination of cromosoma number in maca *Lepidium meyenii* (Bassicaceae)**. *Economic Botany*, Vol. 50(2): 216 - 223.
- RAVEN, P. H.; VERT, R. F. y EICHORN, S. E. (1992). **Biología de las plantas**. Edit. Reverté. Barcelona, España.
- ROCA, W. y MROSHINGE, L. (1993). **Cultivo de tejidos en la agricultura**. CIAT Centro internacional de agricultura tropical. Cali, Colombia.
- SOBERON, J. R.; QUIROGA, E. N.; SAMPIETRO, A. R. y VATTUONE, M. A. (2005). **Auxinas** (en línea). Consultado: 18 de diciembre 2011. Disponible en: [http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores\\_vegetales\\_2005/tipos\\_de\\_reguladores\\_vegetales.htm](http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores_vegetales_2005/tipos_de_reguladores_vegetales.htm)
- TELLO, J.; HERNAN, M. y CALDERON, A. (1992). **La maca (*Lepidium meyenii* Walp) cultivo alimenticio potencial para las zonas altoandinas**. *Boletín de Lima*, Vol. 81: 59 – 66.
- VALENTOVA, K. y ULRICHOVA, J. (2003). ***Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases**. *Biomedic papers*, Vol. 147(2): 119 – 130.
- WEAVER, R. J. (1989). **Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura**. México D. C. Edit. Trillas. México D. F., México.